

MM. Penfield et Wells, que, si les facettes $a^{1/2}$ et $b^{1/4}$ existaient, on aurait $pa^{1/2} = 115^{\circ} 50'$ et $pb^{1/4} = 106^{\circ} 3'$. Ces considérations conduisent à admettre que nos cristaux correspondent à la variété clinorhombique dimorphe de la gerhardtite et non à celle-ci, et qu'ils posséderaient les faces p , $a^{1/2}$ et $b^{1/4}$.

Le bromate neutre de cuivre (préparé par double décomposition entre le bromate de baryum et le sulfate de cuivre), chauffé graduellement sous la pression ordinaire, comme on avait fait pour le chlorate, se décompose plus brusquement que celui-ci, en dégageant de l'oxygène et des vapeurs de brome; le phénomène marche comme pour le chlorate ou l'azotate lorsqu'on les chauffe dans le vide. On obtient un bromate basique en poudre bleu verdâtre très fine, dans laquelle la cristallinité ne peut être reconnue qu'avec de forts grossissements.

SUR UNE NOUVELLE MÉTHODE POUR LA MESURE DES TEMPÉRATURES,

PAR M. DANIEL BERTHELOT.

Parmi les phénomènes qui intéressent les naturalistes et les météorologistes, quelques-uns des plus importants sont ceux où entrent en jeu des pressions ou des températures très différentes de celles que les physiciens et les chimistes réalisent en général dans leurs laboratoires.

D'une part, la température des espaces interplanétaires paraît être voisine de 100 degrés au-dessous de zéro; les aurores boréales, la lumière zodiacale, la lumière cométaire, nous font connaître la matière à cet état d'extrême raréfaction, qui a donné lieu à de si curieuses découvertes depuis quelques années et dont nous commençons à peine à entrevoir les lois.

D'autre part, la surface et l'intérieur du soleil sont le théâtre de températures incomparablement plus élevées que celles que nous avons jamais réalisées. L'intérieur du globe terrestre se trouve de même à des températures très élevées, auxquelles se joignent des pressions énormes, et la connaissance de ces deux facteurs est indispensable pour édifier la théorie de la formation et de la cristallisation des roches.

A peine est-il besoin de parler du rôle que jouent les hautes températures dans l'industrie céramique et l'industrie métallurgique; déjà on peut prévoir que la production au moyen du four électrique de températures encore plus élevées est destinée à avoir une influence profonde sur ces industries.

Ainsi, tant au point de vue géologique et cosmologique qu'au point de vue pratique, il y a un intérêt considérable à perfectionner nos moyens de mesure en ce qui touche à l'évaluation des hautes températures.

Ajouterai-je que les noms de C. et de E. Becquerel sont intimement as-

sociés à cet important problème, et que trois des principales méthodes employées aujourd'hui (méthode du thermomètre à gaz, méthode thermo-électrique, méthode photométrique) ont été inventées ou fixées dans leurs traits essentiels par ces illustres physiciens?

Les méthodes employées pour évaluer les températures peuvent être fondées soit sur les propriétés des solides et des liquides, soit sur celles des gaz.

Ces dernières paraissent seules susceptibles de donner une évaluation de la température tout à fait générale et indépendante de la nature de l'instrument employé.

Les gaz obéissent, en effet, à des lois relativement simples et bien connues, et l'élévation de la température les rapprochant de l'état gazeux parfait, ces lois se vérifient de mieux en mieux quand la température croît. Les solides ou les liquides obéissent au contraire à des lois plus complexes, plus mal connues, et l'accroissement de température fait subir à un corps des changements très profonds.

On voit par là la supériorité théorique des méthodes fondées sur les propriétés des gaz. Il n'existe aujourd'hui qu'une méthode de ce genre : c'est celle du thermomètre à gaz. L'élévation de température est mesurée par l'accroissement de volume, ou, ce qui revient au même, par la diminution de densité d'une masse d'air enfermée dans un réservoir de platine ou de porcelaine. Mais ce réservoir de métal ou de porcelaine se déforme ou se ramollit, ou devient perméable aux gaz quand la température dépasse 1,200 degrés et fond ensuite, en sorte que cet instrument ne permet même pas de mesurer les températures industrielles des hauts fourneaux, à plus forte raison celle de l'arc électrique.

Pour conserver les avantages du thermomètre à air en évitant ses défauts, il faut donc trouver un instrument qui permette comme lui d'évaluer la densité d'une masse gazeuse, mais sans avoir à tenir compte des propriétés de l'enceinte où elle est placée.

Un tel instrument ne peut guère être fondé que sur les propriétés de la lumière; tel est le caractère de la méthode nouvelle que j'ai étudiée. Elle permet de prendre la température d'une masse gazeuse par le simple examen d'un rayon lumineux qui l'a traversée. Elle est indépendante de la nature de l'enveloppe thermométrique et même de sa forme et de sa dimension; on peut par conséquent opérer sur les gaz contenus dans l'intérieur des hauts fourneaux, du four électrique, etc.

Le principe en est le suivant : la réfraction d'un gaz varie exactement comme sa densité, et par suite à une densité donnée correspond toujours un même indice, la pression et la température pouvant être différentes.

Pour appliquer ce principe, on sépare en deux un faisceau lumineux au moyen d'un appareil interférentiel; l'une des parties du faisceau traverse un tube rempli d'un gaz à la température ambiante, l'autre un tube rempli

du même gaz, mais porté à la température inconnue. On ramène les franges à leur position initiale en diminuant la pression dans le tube froid; et de cette diminution de pression on conclut, par un calcul facile, la variation de densité, et par suite la température du gaz.

Pour séparer fortement les rayons interférents de manière qu'ils puissent traverser des milieux portés à des températures très différentes, j'ai eu recours à un dispositif optique nouveau fondé sur l'emploi combiné des miroirs de Jamin et des parallélépipèdes de Fresnel.

Pour éliminer les régions de transition à température variable que présente l'appareil entre la portion centrale chaude et les extrémités froides, on fait deux mesures successives avec des tubes de longueurs centrales différentes.

Une première série d'expériences a été faite à des températures fixes comprises entre 0 et 200 degrés pour vérifier la rigueur de la méthode. J'ai utilisé, à cet effet, les températures d'ébullition de l'alcool ($78^{\circ} 26$), de l'eau (100 degrés) et de l'aniline ($184^{\circ} 23$).

Dans une seconde série, qui a été poussée jusqu'aux points les plus hauts que l'on ait mesurés exactement avec le thermomètre à air, j'ai obtenu des températures élevées et uniformes en chauffant un tube de porcelaine par l'intermédiaire d'un courant électrique qui fait rougir une spirale de platine. On réalise ainsi un four qui ne dégage pas de gaz, ne produit pas de rayonnement intense, qui peut s'installer dans n'importe quelle pièce d'un laboratoire. Ce four permet d'obtenir à volonté n'importe quelle température donnée, de la retrouver sans tâtonnements, de la maintenir constante presque indéfiniment, de l'augmenter ou de la diminuer à volonté. En un mot, il introduit dans la production des températures toute la précision des mesures électriques.

Au moyen de cet appareil, j'ai déterminé les points de fusion de l'argent et de l'or, qui sont les points classiques utilisés pour la graduation des pyromètres. J'ai trouvé 962 degrés pour la fusion de l'argent et 1,064 degrés pour la fusion de l'or. E. Becquerel avait trouvé, en 1863, 960 degrés pour le premier de ces métaux et 1,092 degrés pour le second, et M. Violle, en 1879, 954 et 1,045 degrés.

J'ai également entrepris une série de mesures sur les points d'ébullition du sélénium, du cadmium et du zinc. Dans ce cas, on se sert comme intermédiaire d'un couple thermo-électrique, dont on place une des soudures dans la vapeur du métal bouillant, et l'autre dans le tube de porcelaine de l'appareil interférentiel. On élève la température de ce dernier jusqu'à ce qu'il ne passe aucun courant dans le couple, et on fait alors les mesures. Ces points d'ébullition sont plus difficiles à prendre que les points de fusion, car la chaleur spécifique des métaux en vapeur n'étant pas très forte, les variations accidentelles de température des parois des vases exercent, par suite du rayonnement, des perturbations fâcheuses sur la soudure

du couple. J'ai réussi à éviter ces irrégularités de température en portant à l'ébullition les métaux dans des vases de porcelaine chauffés électriquement par le passage d'un courant dans un fil de nickel. On obtient de la sorte des températures uniformes dans toute la masse du métal fondu et dans la couche de vapeur qui la surmonte. J'ai pu fixer ainsi le point d'ébullition du zinc à 920 degrés. E. Becquerel avait trouvé autrefois 930 degrés avec du zinc moins pur que celui qui m'a servi.

La méthode nouvelle fournit, comme on le voit, des résultats excellents sur toute l'étendue de l'échelle où on peut la contrôler. Je me propose maintenant de l'étendre à des températures plus élevées pour lesquelles la méthode du thermomètre à gaz est en défaut.
